

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-090692

(43)Date of publication of application : 27.03.2002

(51)Int.Cl.

G02B 27/02
 G02B 13/18
 G02B 17/08
 G02B 25/02
 G02F 1/13
 G02F 1/1335
 H04N 5/64

(21)Application number : 2001-009948

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 18.01.2001

(72)Inventor : NAKAMURA TORU
TAKEYAMA TETSUEI

(30)Priority

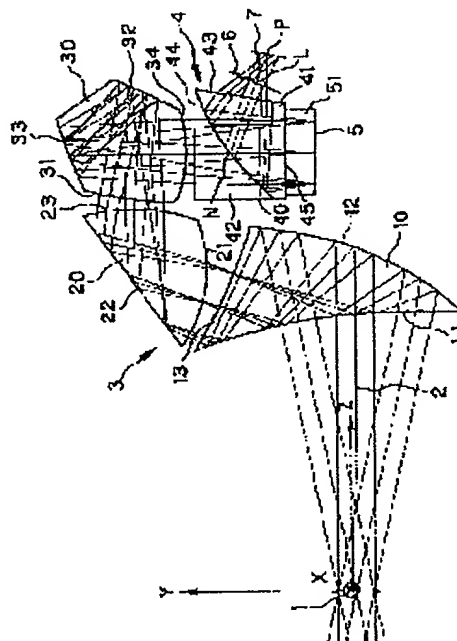
Priority number : 2000207811 Priority date : 10.07.2000 Priority country : JP

(54) IMAGE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image display device which is small-sized, has high performance, and is equipped with an ocular optical system capable of securing long actuation distance.

SOLUTION: The ocular optical system 3 is provided with a 1st optical element 10, which has at least one reflecting surface and deflects the optical path sideward about the view axis 2 of an observer, a 2nd optical element 20 which has at least one reflecting surface and deflects the optical path deflected sideward by the 1st optical element away from the observer, and a 3rd optical element 30 which has at least one reflecting surface and deflects the optical path deflected by the 2nd optical element, almost in direction substantially opposite to the direction of the deflection by the 1st optical element in reverse tracking order; and the 2nd and 3rd optical elements constitute a relay optical system for an image displayed by an image display element 5, and the 1st and 3rd optical elements have positive power.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-90692
(P2002-90692A)

(43)公開日 平成14年3月27日(2002.3.27)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームコード ⁸ (参考) |
|--------------------------|-------|---------------|--------------------------|
| G 0 2 B 27/02 | | G 0 2 B 27/02 | Z 2 H 0 8 7 |
| 13/18 | | 13/18 | 2 H 0 8 8 |
| 17/08 | | 17/08 | A 2 H 0 9 1 |
| 25/02 | | 25/02 | |
| G 0 2 F 1/13 | 5 0 5 | G 0 2 F 1/13 | 5 0 5 |

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-9948(P2001-9948)
(22)出願日 平成13年1月18日(2001.1.18)
(31)優先権主張番号 特願2000-207811(P2000-207811)
(32)優先日 平成12年7月10日(2000.7.10)
(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000000376
オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(72)発明者 中村 透
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(72)発明者 武山 哲英
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(74)代理人 10009/777
弁理士 荻澤 弘 (外7名)

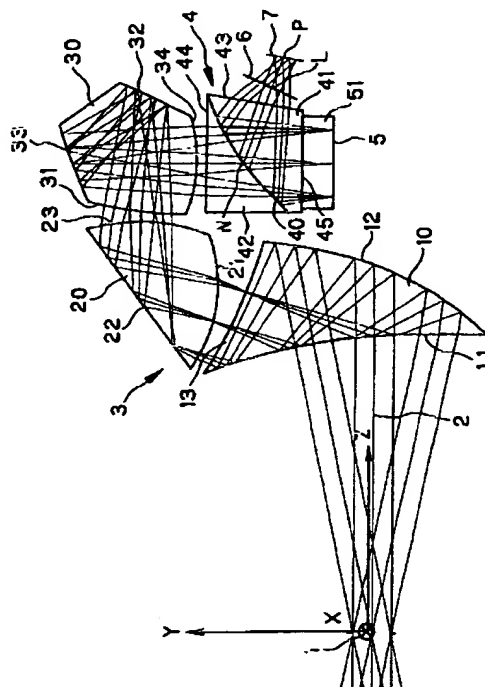
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像表示装置

(57)【要約】

【課題】 小型で広画角で高性能かつ長い作動距離が確保可能な接眼光学系を備えた画像表示装置。

【解決手段】 逆追跡順に、接眼光学系3が、少なくとも1面の反射面を備え観察者の視軸2に対して側方へ光路を屈曲させる第1光学素子10と、少なくとも1面の反射面を備え第1光学素子により側方へ屈曲された光路を観察者から離れる方向へ屈曲させる第2光学素子20と、少なくとも1面の反射面を備え第2光学素子により屈曲された方向と略反対方向へ屈曲させる第3光学素子30とを具備し、第2光学素子と第3光学素子は画像表示素子5に表示された画像のリレー光学系を構成しており、第1光学素子と第3光学素子は正のパワーを有する画像表示装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された画像を観察者の眼球に投影すると共に射出瞳を形成する全体として正のパワーを有する接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記射出瞳から前記画像表示素子に向かう逆光線追跡の順に、前記接眼光学系は、少なくとも1面の反射面を備え、観察者の視軸に対して側方へ光路を屈曲させる第1光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第1光学素子により側方へ屈曲された光路を観察者から離れる方向へ屈曲させる第2光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第2光学素子により観察者から離れる方向へ屈曲された光路を前記第1光学素子により屈曲された方向と略反対方向へ屈曲させる第3光学素子とを具備し、前記第2光学素子と前記第3光学素子は前記画像表示素子に表示された画像のリレー光学系を構成しており、

$$100^{\circ} < \theta < 200^{\circ}$$

を満たすことを特徴とする請求項1又は2記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像表示装置に関し、特に、反射型液晶表示素子等の反射光によって画像を表示するタイプの表示素子の明るい画像を、小型で広画角で光量ロスを極力抑えた接眼光学系を通して観察し得るように工夫された頭部装着型ディスプレイ等の画像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ヘッドアップディスプレイやメガネ型ディスプレイの発展に伴ってコンパクトな接眼光学系の開発が進み、特開平7-333551号や特開平8-50256号、特開平8-234137号等に記載されている薄型コンパクトな偏心プリズムを用いた接眼光学系が提案されている。これらは反射面がパワーを持ち、光路が折り畳まれたコンパクトな接眼光学系であり、パワーを持った偏心反射面により発生してしまう回転非対称な偏心収差を、アナモルフィック反射面や1つの対称面を持った回転非対称反射面を使用して補正している。

【0003】また、観察画像を表示する液晶表示素子に関しても、より明るく観察しやすい画像形成のために、反射型液晶表示素子が開発され、その照明形態をも含んだものとして、特開平10-268306号のものが公開されている。

【0004】さらに、偏心プリズムを2個用いた接眼光学系も特開2000-199853等において提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開2

少なくとも前記第1光学素子と前記第3光学素子は正のパワーを有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 光軸を前記射出瞳の中心を通り前記画像表示素子の中心を通る光線で定義するとき、前記画像表示素子に表示された画像の光軸上の中間像位置が、前記第1光学素子の光路上前記第2光学素子に最も近い反射面と、前記第2光学素子の光路上前記第1光学素子に最も近い反射面との間に位置することを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項3】 光軸を前記射出瞳の中心を通り前記画像表示素子の中心を通る光線で定義するとき、前記第1光学素子の光路上前記第2光学素子に最も近い反射面と光軸との交点と、前記第2光学素子の光路上前記第1光学素子に最も近い反射面と光軸との交点とを結んだ直線と、前記第3光学素子の光路上前記画像表示素子に最も近い反射面と光軸との交点と、前記画像表示素子と光軸との交点とを結んだ直線とのなす角度を θ とすると、

$$\dots (1)$$

000-199853の画像表示装置においては、2個の偏心プリズムが視軸に直交する方向に延びて長く配置されるため、接眼光学系が小型化されているとは言い難い。また、画像表示素子とその直前の偏心プリズムの間隔（作動距離：WD）が短いため、画像表示素子として反射型液晶表示素子を用いる場合に、照明光を導入する光分割素子等を配置することが困難である。

【0006】本発明は従来技術のこのような問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、小型で広画角で高性能かつ長い作動距離が確保可能な接眼光学系を備えた画像表示装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された画像を観察者の眼球に投影すると共に射出瞳を形成する全体として正のパワーを有する接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記射出瞳から前記画像表示素子に向かう逆光線追跡の順に、前記接眼光学系は、少なくとも1面の反射面を備え、観察者の視軸に対して側方へ光路を屈曲させる第1光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第1光学素子により側方へ屈曲された光路を観察者から離れる方向へ屈曲させる第2光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第2光学素子により観察者から離れる方向へ屈曲された光路を前記第1光学素子により屈曲された方向と略反対方向へ屈曲させる第3光学素子とを具備し、前記第2光学素子と前記第3光学素子は前記画像表示素子に表示された画像のリレー光学系を構成しており、少なくとも前記第1光学素子と前記第3光学素子は正のパワーを有することを特徴とするものである。

【0008】以下、本発明において上記の構成をとる理由と作用について説明する。

【0009】まず、光軸を定義しておく。射出瞳の中心を通り画像表示素子の中心を通る軸上主光線を光軸とする。

【0010】図7は後記の実施例1の光軸を含む断面図である。光学系の構成を、観察者眼球（射出瞳1）を起点に考える。射出瞳1から接眼光学系3へ向かう方向を方向Aとする。接眼光学系3に入射した軸上主光線2は、第1光学素子10での反射、屈折の後、方向Aと略直交する方向の方向Bに向かう。その後、また、第2光学素子20での反射、屈折して、方向Aと略平行の方向A'の方向に向かう。さらに、第2光学素子30での反射、屈折により、方向Bと対向する方向の方向Cに向かって、画像表示素子の表示面5に達する。このように、接眼光学系3を3個の光学素子10、20、30での反射、屈折を用いて軸上主光線2を折り畳むようにすることにより、接眼光学系3をコンパクトにまとめることができる。

【0011】ここで、各方向をより厳密に定義するために、以下のように考える。各方向の、起点、終点は軸上主光線2と反射面との交点とする（ただし、A方向の起点は、射出瞳1中心であり、C方向の終点は画像表示素子の表示面5の中心である。）。各方向は、軸上主光線2が次の反射面に達したときに終了するとする。各方向の起点、終点を結ぶ直線をその方向を定義する直線とする。一般には、この方向は（間に屈折面があるので）軸上主光線2とは一致しない。3面を越える反射面がある光学系においては、上記に定義した何れの方向にも属さない軸上主光線2の方向がある。

【0012】図7の実施例1を基にもう少し詳しく説明する。この実施例は、射出瞳1の中心をPとし、軸上主

$$100^{\circ} < \theta < 200^{\circ}$$

の条件を満たすことが望ましい。条件式（1）の上限の200°を越えると、画像表示素子中心と第1光学素子10の間の距離が短くなりすぎ、画像表示素子と第1光学素子10が干渉を起こして画像表示装置を構成するこ

$$120^{\circ} < \theta < 180^{\circ}$$

を満たすことが好ましい。

$$150^{\circ} < \theta < 170^{\circ}$$

を満たすことがより好ましい。

【0019】後記の実施例においては、

| | |
|------|----------|
| | θ |
| 実施例1 | 161.2° |
| 実施例2 | 163.4° |
| 実施例3 | 168.3° |

である。

【0020】ところで、第1光学素子の少なくとも1つの反射面が正のパワーを与える回転非対称な曲面形状にて形成されていることが望ましい。第1光学素子の正のパワーを反射面に担わせることにより、色収差の発生を少なくすることができる。ただし、反射面を傾いた凹面

光線2と各面との交点に記号を付けていく。最初の屈折面をA点、次の反射面をB点、再び最初の屈折面に当たった点をA'点とする。A'点では光線は全反射する。次の屈折面で第1光学素子10のプリズムを射出するが、この点をC点。次に、再び第2光学素子20のプリズムに入る点をD点、次の全反射面をE点、この2番目のプリズムの射出点をF点、次の第3光学素子30のプリズムの入射点をG点、次の反射面をH点、さらにもう一回反射する点をI点、このプリズムを射出する点をJ点とする。次に、照明プリズム4に入射する点をK点、照明プリズム4の射出点をL点、画像表示面5の中心点をM点とする。

【0013】ここで、各方向を定義するのは、P点とB点を結ぶ直線がA方向、A'点とE点を結ぶ方向がB方向、E点とH点を結ぶ方向がA'方向、I点とM点を結ぶ方向がC方向となる。

【0014】後記の各実施例において、第2光学素子20と第3光学素子30による画像表示素子の表示面5の中間結像位置は、第2光学素子20のD点近傍にある。

【0015】ここで、折り畳んだ光学系の折り畳み方向の制限について考える。B方向とC方向とが略反平行となるのが望ましい。B方向とC方向との成す角を θ とすると、 θ は180°内外になるが、B方向を規定する直線とC方向を規定する直線を考え、それらの交点Qとする。Q点が、方向A'を規定する直線に対し、A方向を規定する直線と反対側にある場合（図7で下広がり）を180°より小さいとし、A方向を規定する直線と同じ側に有る場合（図7で上広がり）を180°より大きいとする。

【0016】本発明の構成においては、

$$\cdots (1)$$

とが困難になる。その下限の100°を越えると、今後は画像表示素子と第1光学素子10の間にスペースが出来すぎ、画像表示装置が大型化してしまう。

【0017】さらに望ましくは、

$$\cdots (1-1)$$

【0018】さらに望ましくは、

$$\cdots (1-2)$$

にすると、非対称収差が発生するが、これを補正するために、この反射面を回転非対称な曲面形状にすることが望ましい。この回転非対称面は、軸上主光線の入射点での法線と軸上主光線とを含む平面に対して対称として構成するのが普通である。その製作性を考慮して、対称面が2つある回転非対称面を反射面に用いてもよい。

【0021】ここで、本発明で用いる上記の回転非対称面は、対称面を1面のみ又は2面有する面对称自由曲面であることが望ましい。ここで、本発明で使用する自由曲面とは、以下の式（a）で定義されるものである。なお、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0022】

$$Z = c r^2 / [1 + \sqrt{1 - (1+k) c^2 r^2}] + \sum_{i=2}^{65} C_i X^i Y^i$$

・・・ (a)

ここで、(a)式の第1項は球面項、第2項は自由曲面項である。

【0023】球面項中、
c：頂点の曲率

k：コーニック定数（円錐定数）

$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$

である。

【0024】自由曲面項は、

$$\begin{aligned} & \sum_{i=2}^{65} C_i X^i Y^i \\ &= C_2 X + C_3 Y \\ &+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2 \\ &+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3 \\ &+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} X Y^3 + C_{15} Y^4 \\ &+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} X Y^4 \\ &+ C_{21} Y^5 \\ &+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\ &+ C_{27} X Y^5 + C_{28} Y^6 \\ &+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\ &+ C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} X Y^6 + C_{36} Y^7 \\ &..... \end{aligned}$$

ただし、 C_j （ j は2以上の整数）は係数である。

【0025】上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面共に対称面を持つことはないが、本発明では X の奇数次項を全て0にすることによって、 $Y-Z$ 面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式(a)においては、 C_2 、 C_5 、 C_7 、 C_9 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{16} 、 C_{18} 、 C_{20} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{27} 、 C_{29} 、 C_{31} 、 C_{33} 、 C_{35} ・・・の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0026】また、 Y の奇数次項を全て0にすることによって、 $X-Z$ 面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式においては、 C_3 、 C_5 、 C_8 、 C_{10} 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{17} 、 C_{19} 、 C_{21} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{27} 、 C_{30} 、 C_{32} 、 C_{34} 、 C_{36} ・・・の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0027】また上記対称面の方向の何れか一方を対称面とし、それに対応する方向の偏心、例えば、 $Y-Z$ 面と平行な対称面に対して光学系の偏心方向は Y 軸方向に、 $X-Z$ 面と平行な対称面に対しては光学系の偏心方向は X 軸方向にすることで、偏心により発生する回転非対称な収差を効果的に補正しながら同時に製作性をも向上させることが可能となる。

【0028】また、上記定義式(a)は、前述のように1つの例として示したものであり、本発明は、対称面を1面のみ又は2面有する回転非対称面を用いることで偏心により発生する回転非対称な収差を補正し、同時に製作性も向上させるということが特徴であり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまで

もない。

【0029】また、同様の理由で、第3光学素子の少なくとも1つの反射面が正のパワーを与える回転非対称な曲面形状にて形成されていることが望ましい。

【0030】さらに、偏心収差を良好に補正可能にするには、第1光学素子の少なくとも1つの屈折面をパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形成することが望ましい。

【0031】また、第3光学素子の少なくとも1つの屈折面をパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形成することが望ましい。

【0032】さらに、第2光学素子の少なくとも1つの屈折面をパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形成することが望ましい。

【0033】ここで、第2光学素子と第3光学素子からなるリレー光学系の倍率について検討する。リレー光学系の倍率が大きくなると、リレー光学系の画像表示素子側の作動距離が相対的に小さくなり、作動距離を確保しようとする、リレー光学系が全体的に大きくなる。本発明の接眼光学系は、リレー光学系で一旦中間像を結像させ、さらにそれを観察光学系の第1光学素子で拡大して観察するものであるが、リレー光学系での倍率が小さいと、観察光学系での拡大倍率を大きくする必要があり、観察光学系に必要な解像度が高くなるため、観察光学系の第1光学素子を構成し難くなる。したがって、リレー光学系の倍率は等倍前後であることが望ましい。したがって、リレー光学系の倍率を M とするとき、

$$0.5 < M < 2.0$$

・・・(2)

さらに望ましくは、

$$0.8 < M < 1.4$$

・・・(2-1)

を満たすことが好ましい。

$$0.9 < M < 1.2$$

・・・(2-2)

を満たすことがより好ましい。

【0035】後記の実施例においては、

| | M |
|------|-------|
| 実施例1 | 1.128 |
| 実施例2 | 0.921 |
| 実施例3 | 1.158 |

である。

$$0.8 < WD/D < 1.5$$

・・・(3)

を満たすことが望ましい。

【0037】この条件式の下限の0.8より小さいと、画像表示面に照明光を導入する光分割素子等を配置するスペースが足りなくなる。この条件式の上限の1.5よ

$$0.9 < WD/D < 1.3$$

を満たすことが好ましい。

$$1.0 < WD/D < 1.15$$

を満たすことがより好ましい。

【0040】後記の実施例においては、

| | WD/D |
|------|-------|
| 実施例1 | 1.051 |
| 実施例2 | 1.117 |
| 実施例3 | 1.053 |

である。

【0041】ところで、本発明においては、第1光学素子、第2光学素子、第3光学素子の何れか1つあるいは複数を、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成されたプリズム部材から構成し、それぞれ、第2光学素子、第3光学素子、画像表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、その光束をプリズム外に射出する射出面とを有するものとするのが望ましい。

【0042】特に、第1光学素子のプリズム部材は、第2光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、射出面で反射された光束をプリズム内で反射する反射面と、その入射面からプリズム内に入射された光束を反射すると共にその反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなる偏心プリズムとして構成することができる。

【0043】また、第3光学素子のプリズム部材は、画像表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その入射面からプリズム内に入射された光束を反射する第1反射面と、第1反射面で反射された光束を反射する第2反射面と、第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなり、第1反射面に入射する軸上主光線と第2反射面から反射された軸上

【0034】さらに望ましくは、

【0036】また、第3光学素子の最も画像表示素子側の屈折面と画像表示素子の画像表示面との間の間隔(作動距離)をWDとし、画像表示素子の画像表示面の対角長をDとするととき、

り大きくなると、画像表示装置の光学系を小型に構成することができなくなる。

【0038】さらに望ましくは、

【0039】さらに望ましくは、

主光線とがプリズム部材内で交差する偏心プリズムとして構成することができる。

【0044】また、第2光学素子のプリズム部材は、第3光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その入射面からプリズム内に入射された光束を反射する反射面と、その反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなる偏心プリズムとして構成することができる。

【0045】さらに、第2光学素子と第3光学素子を一体のプリズム部材から構成し、第3光学素子の射出面と第2光学素子の入射面を省くことができる。

【0046】また、第1光学素子と第2光学素子を一体のプリズム部材から構成し、第2光学素子の射出面と第1光学素子の入射面を省くことができる。

【0047】さらには、第1光学素子と第2光学素子と第3光学素子を一体のプリズム部材から構成し、第3光学素子の射出面と第2光学素子の入射面を省き、第2光学素子の射出面と第1光学素子の入射面を省くことができる。

【0048】なお、本発明は、右眼用又は左眼用に以上の光学系を備えて構成されている画像表示装置を含むものである。

【0049】また、右眼用と左眼用に以上の光学系を一对備えて構成されている画像表示装置を含むものである。

【0050】また、その画像表示装置が、観察者顔面前方に位置するように、観察者頭部を支持する支持手段を有して構成されている画像表示装置を含むものである。

【0051】なお、本発明の画像表示装置は、光路を逆にして、画像表示素子の位置に撮像素子あるいは撮像フ

フィルムを配置し、射出瞳側から物体光を入射させるようにすることにより、撮像光学系あるいは撮像装置として構成することもできる。

【0052】

【発明の実施の形態】以下、本発明の画像表示装置の光学系の実施例1～3について説明する。この実施例は逆光線追跡で説明するが、像面に反射型画像表示素子を配置し、その瞳位置に観察者の眼球の瞳を配置することにより画像表示装置として用いることができる。なお、この実施例の構成パラメータは後に示す。

【0053】各実施例において、図1に示すように、軸上主光線2を物体中心を出て、瞳1の中心を通り、表示面5中心を通り、その表示面5の中心で反射し、光源面6の中心に到る光線で定義する。そして、軸上主光線2が瞳1の面に入射する位置を画像表示装置の光学系を構成する光学面の原点として、瞳1の面に入射する軸上主光線2に沿う方向をZ軸正方向とし、このZ軸と像面中心を含む平面をY-Z平面とし、原点を通りY-Z平面に直交し、紙面の手前から裏面側に向かう方向をX軸正方向とし、X軸、Z軸と右手直交座標系を構成する軸をY軸とする。図1には、原点について定められた座標系を図示してある。

【0054】実施例1～3では、瞳1の中心について定

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) Y^2 / R^2\}^{1/2}] \\ + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots \quad \dots (b)$$

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、Yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、…はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸が回転対称非球面の軸となる。

【0059】なお、データの記載されていない自由曲面、非球面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

$$\begin{aligned} x &= R \times \cos(A) \\ y &= R \times \sin(A) \\ Z &= D_2 \\ &+ D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A) \\ &+ D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A) \\ &+ D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A) \\ &+ D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A) \\ &+ D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A) \\ &+ D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A) \\ &+ D_{16} R^4 \sin(4A) \\ &+ D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A) \\ &+ D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A) \\ &+ D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A) \\ &+ D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A) \\ &+ D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A) \end{aligned}$$

められた座標系のY-Z平面内で面の偏心を行っており、また、その各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をY-Z面としている。各偏心面については、瞳1の中心について定められた座標系の原点から、その面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX、Y、Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記(a)式のZ軸、非球面については、後記(b)式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α 、 β 、 γ (°)）とが与えられている。なお、その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。

【0055】また、実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には、面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【0056】また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は前記(a)式により定義し、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0057】また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

【0058】

【0060】また、自由曲面の他の定義式として、以下の(c)式で与えられるZernike多項式がある。この面の形状は以下の式により定義する。その定義式のZ軸がZernike多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X-Y面に対するZの軸の高さの極座標で定義され、RはX-Y面内のZ軸からの距離、AはZ軸回りの方位角で、X軸から測った回転角で表せられる。

【0061】

$$\begin{aligned}
& +D_{25}(15R^6 - 20R^4 + 6R^2)\cos(2A) \\
& +D_{26}(20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1) \\
& +D_{27}(15R^6 - 20R^4 + 6R^2)\sin(2A) \\
& +D_{28}(6R^6 - 5R^4)\sin(4A) + D_{29}R^6\sin(6A) \cdots \cdots \\
& \cdots (c)
\end{aligned}$$

なお、X軸方向に対称な光学系として設計するには、 $D_4, D_5, D_6, D_{10}, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}, D_{20}, D_{21}, D_{22}$ …を利用する。

【0062】その他の面の例として、次の定義式(d)があげられる。

$$\begin{aligned}
Z = & C_2 \\
& + C_3 Y + C_4 |X| \\
& + C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\
& + C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\
& + C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\
& + C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\
& \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\
& + C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\
& \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\
& + C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\
& \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \\
& \cdots (d)
\end{aligned}$$

なお、本発明の実施例では、前記(a)式を用いた自由曲面で面形状が表現されているが、上記(c)式、(d)式を用いても同様の作用効果を得られるのは言うまでもない。

【0065】本発明の実施例1の光軸2を含むY-Z断面図を図1に示す。この実施例の観察光学系の半画角は、X方向18°、Y方向11.5°で、反射型画像表示素子の大きさは11.5×7.2mmである。

【0066】この実施例は、逆光線追跡で、物体側から光の通る順に、射出瞳1、偏心プリズム10、20、30からなる接眼光学系3、半透過反射面の光分割面40を備えた光分割素子4、反射型画像表示素子の表示面5からなり、また、光分割素子4の光分割面40の反射側(照明光入射側)には光源面6が配置され、また、射出瞳1に共役な面7が位置する。

【0067】接眼光学系3の偏心プリズム10は第1面11から第3面13で構成され、その第1面11は物体側からの光束をプリズム10内に入射させると共に第2面12で反射された光束をプリズム内で反射し、第2面12は第1面11から入射した光束をプリズム内で反射し、第3面13は第1面11で反射された光束をプリズム外へ射出するように構成されており、第1面11は透過作用と反射作用を併せ持つ同一の光学作用面となっている。

【0068】接眼光学系3の偏心プリズム20は第1面21から第3面23で構成され、その第1面21は偏心プリズム10からの光束をプリズム20内に入射させ、第2面22は第1面21から入射した光束をプリズム内

$$【0063】Z = \sum \sum C_{na} X Y$$

例として、 $k=7$ (7次項)を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

$$【0064】$$

で反射し、第3面23は第2面22で反射された光束をプリズム外へ射出するように構成されている。

【0069】接眼光学系3の偏心プリズム30は第1面31から第4面34で構成され、その第1面31は偏心プリズム20からの光束をプリズム30内に入射させ、第2面32は第1面31から入射した光束をプリズム内で反射し、第3面33は第2面32で反射した光束を第1面31から第2面32に入射する光束と交差するようにプリズム内で反射し、第4面34は第3面33で反射された光束をプリズム外へ射出するように構成されている。

【0070】そして、この3つの偏心プリズム10～30からなる接眼光学系3は、偏心プリズム30と偏心プリズム20からなるリレー光学系により中間像を1回結像するタイプの光学系からなっており、中間像は、偏心プリズム20の第1面21近傍に結像される。

【0071】光分割素子4は2つの透明媒体41と42が接合された接合プリズム部材からなり、その接合面に半透過反射面の光分割面40を備えており、逆光線追跡では、その射出面44、光分割面40、画像表示素子対向面45を透過し、画像表示素子対向面45に接着されている反射型画像表示素子のカバーガラス51を経て反射型画像表示素子の表示面5に到り、その表示面5で反射された光束は、カバーガラス51、画像表示素子対向面45を透過して光分割面40で反射され、光分割素子4の照明光入射面43からプリズム外へ射出し、光源面6に到る。なお、射出瞳1の像は、光源面6より後の射出瞳1と共役な面7に結像する。

【0072】このような配置であるので、射出瞳1と共役な面7よりも光分割素子4に近い位置に配置された光源面6からの照明光は、光分割素子4の照明光入射面43から接合プリズム部材内に入射し、光分割面40で反射され略平行光束になって画像表示素子対向面45から接合プリズム部材外に出てカバーガラス51を介して反射型画像表示素子の表示面5を略垂直に照明する。反射型液晶表示素子の表示面5からの表示光は、カバーガラス51を介して光分割素子4の画像表示素子対向面45から接合プリズム部材内に入射し、今度は光分割面40を透過してその射出面44から接合プリズム部材外に出て、接眼光学系3の偏心プリズム30の第4面34からプリズム30内に入射し、第3面33で内部反射し、第2面32で内部反射し、第1面31からプリズム30外に射出し、偏心プリズム20の第3面23からプリズム20内に入射し、第2面22で内部反射し、第1面21からプリズム20外に射出し、プリズム10の第3面13からプリズム10内に入り、第1面11で全反射され、第2面12で反射されて今度は第1面11で屈折されてプリズム10外に射出し、射出瞳1の位置にある観察者眼球内に入り、反射型液晶表示素子の表示画像の拡大像を形成する。

【0073】後記の構成パラメータの第2面から第5面までがプリズム10であり、第6面から第8面までがプリズム20であり、第9面から第12面までがプリズム30であり、第13面から第14面までが画像表示時の光分割素子4であり、第14面から第15面までがカバーガラス51であり、第15面が表示面5であり、第15面から第16面までがカバーガラス51であり、第17面が反射面としての光分割面40であり、第18面が光分割素子4の照明光入射面43であり、第19面が光源面6であり、像面(第20面)が射出瞳1と共役な面7である。そして、第2面から像面(第20面)の各面は第1面の射出瞳1の中心を基準とした偏心量で表されている。

【0074】本発明の実施例2の光軸2を含むY-Z断面図を図2に示す。この実施例の観光学系の半画角は、X方向16°、Y方向10.2°で、反射型画像表示素子の大きさは11.52×7.2mmである。

【0075】この実施例は、逆光線追跡で、物体側から光の通る順に、射出瞳1、偏心プリズム10、20、30からなる接眼光学系3、半透過反射面の光分割面40を備えた光分割素子4、ウォブリング素子8、反射型画像表示素子の表示面5からなり、また、光分割素子4の光分割面40の反射側(照明光入射側)には光源面6が配置され、また、射出瞳1に共役な面7が位置する。

【0076】ここで、ウォブリング素子8は、特開平7-36054号に示されたいように、位相変調素子と複屈折媒体とが順次配置されてなり、画像表示素子の表示面5を1次元方向又は2次元方向にウォブリング(絵

素ずらし、画素シフト)して高解像化する素子であり、後記の構成パラメータ中では平行平板で表してある。

【0077】この実施例の接眼光学系3は実施例1の接眼光学系3と同様である。

【0078】そして、光分割素子4は2つの透明媒体41と42が接合された接合プリズム部材からなり、その接合面に半透過反射面の光分割面40を備えており、逆光線追跡では、その射出面44、光分割面40、画像表示素子対向面45を透過し、画像表示素子対向面45に接着されているウォブリング素子8とそのウォブリング素子8の反対側に接着されている反射型画像表示素子のカバーガラス51とを経て反射型画像表示素子の表示面5に到り、その表示面5で反射された光束は、カバーガラス51、ウォブリング素子8、画像表示素子対向面45を透過して光分割面40で反射され、光分割素子4の照明光入射面43からプリズム外へ射出し、光源面6に到る。なお、射出瞳1の像は、光源面6より後の射出瞳1と共役な面7に結像する。

【0079】このような配置であるので、射出瞳1と共役な面7よりも光分割素子4に近い位置に配置された光源面6からの照明光は、光分割素子4の照明光入射面43から接合プリズム部材内に入射し、光分割面40で反射され略平行光束になって画像表示素子対向面45から接合プリズム部材外に出て、ウォブリング素子8、カバーガラス51を介して反射型画像表示素子の表示面5を略垂直に照明する。反射型液晶表示素子の表示面5からの表示光は、カバーガラス51とウォブリング素子8を介して光分割素子4の画像表示素子対向面45から接合プリズム部材内に入射し、今度は光分割面40を透過してその射出面44から接合プリズム部材外に出て、接眼光学系3の偏心プリズム30の第4面34からプリズム30内に入射し、第3面33で内部反射し、第2面32で内部反射し、第1面31からプリズム30外に射出し、偏心プリズム20の第3面23からプリズム20内に入射し、第2面22で内部反射し、第1面21からプリズム20外に射出し、プリズム10の第3面13からプリズム10内に入り、第1面11で全反射され、第2面12で反射されて今度は第1面11で屈折されてプリズム10外に射出し、射出瞳1の位置にある観察者眼球内に入り、反射型液晶表示素子の表示画像の拡大像を形成する。

【0080】後記の構成パラメータの第2面から第5面までがプリズム10であり、第6面から第8面までがプリズム20であり、第9面から第12面までがプリズム30であり、第13面から第14面までが画像表示時の光分割素子4であり、第14面から第15面までがウォブリング素子8であり、第15面から第16面までがカバーガラス51であり、第16面が表示面5であり、第16面から第17面までがカバーガラス51であり、第17面から第18面までがウォブリング素子8であり、

第19面が反射面としての光分割面40であり、第20面が光分割素子4の照明光入射面43であり、第21面が光源面6であり、像面(第22面)が射出瞳1と共役な面7である。そして、第2面から像面(第22面)の各面は第1面の射出瞳1の中心を基準とした偏心量で表されている。

【0081】本発明の実施例3の光軸2を含むY-Z断面図を図3に示す。この実施例の観光学系の半画角は、X方向18°、Y方向11.5°で、反射型画像表示素子の大きさは11.52×7.2mmである。

【0082】この実施例は、逆光線追跡で、物体側から光の通る順に、射出瞳1、偏心プリズム10、20、30からなる接眼光学系3、ウォブリング素子8、半透過反射面の光分割面40を備えた光分割素子4、反射型画像表示素子の表示面5からなり、また、光分割素子4の光分割面40の反射側(照明光入射側)には光源面6が配置され、また、射出瞳1に共役な面7が位置する。

【0083】この実施例は、ウォブリング素子8を光分割素子4の接眼光学系3側に一体に接着して界面反射を防止するようにした例である。

【0084】この実施例の接眼光学系3は実施例1の接眼光学系3と同様である。

【0085】そして、光分割素子4は2つの透明媒体41と42が接合された接合プリズム部材からなり、その接合面に半透過反射面の光分割面40を備えており、また、光分割素子4の射出面44にウォブリング素子8が接着されており、逆光線追跡では、そのウォブリング素子8、射出面44、光分割面40、画像表示素子対向面45を透過し、画像表示素子対向面45に接着されている反射型画像表示素子のカバーガラス51を経て反射型画像表示素子の表示面5に到り、その表示面5で反射された光束は、カバーガラス51、画像表示素子対向面45を透過して光分割面40で反射され、光分割素子4の照明光入射面43からプリズム外へ射出し、光源面6に到る。なお、射出瞳1の像は、光源面6より後の射出瞳1と共役な面7に結像する。

【0086】このような配置であるので、射出瞳1と共役な面7よりも光分割素子4に近い位置に配置された光

源面6からの照明光は、光分割素子4の照明光入射面43から接合プリズム部材内に入射し、光分割面40で反射され略平行光束になって画像表示素子対向面45から接合プリズム部材外に出てカバーガラス51を介して反射型画像表示素子の表示面5を略垂直に照明する。反射型液晶表示素子の表示面5からの表示光は、カバーガラス51を介して光分割素子4の画像表示素子対向面45から接合プリズム部材内に入射し、今度は光分割面40を透過してその射出面44から接合プリズム部材外に出て、ウォブリング素子8を経て、接眼光学系3の偏心プリズム30の第4面34からプリズム30内に入射し、第3面33で内部反射し、第2面32で内部反射し、第1面31からプリズム30外に射出し、偏心プリズム20の第3面23からプリズム20内に入射し、第2面22で内部反射し、第1面21からプリズム20外に射出し、プリズム10の第3面13からプリズム10内に入り、第1面11で全反射され、第2面12で反射されて今度は第1面11で屈折されてプリズム10外に射出し、射出瞳1の位置にある観察者眼球内に入り、反射型液晶表示素子の表示画像の拡大像を形成する。

【0087】後記の構成パラメータの第2面から第5面までがプリズム10であり、第6面から第8面までがプリズム20であり、第9面から第12面までがプリズム30であり、第13面から第14面までがウォブリング素子8であり、第14面から第15面までが画像表示時の光分割素子4であり、第15面から第16面までがカバーガラス51であり、第16面が表示面5であり、第16面から第17面までがカバーガラス51であり、第18面が反射面としての光分割面40であり、第19面が光分割素子4の照明光入射面43であり、第20面が光源面6であり、像面(第21面)が射出瞳1と共役な面7である。そして、第2面から像面(第21面)の各面は第1面の射出瞳1の中心を基準とした偏心量で表されている。

【0088】以下に上記実施例1～3の構成パラメータを示す。以下の表中の“FFS”は自由曲面、“ASS”は非球面を示す。

(実施例1)

| 面番号 | 曲率半径 | 面間隔 | 偏心 | 屈折率 | アッペ数 |
|-----|------|----------|-------|--------|------|
| 物体面 | ∞ | -1250.00 | | | |
| 1 | ∞(瞳) | | 偏心(1) | | |
| 2 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |
| 3 | FFS① | | 偏心(3) | 1.4924 | 57.6 |
| 4 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |
| 5 | FFS② | | 偏心(4) | | |
| 6 | ASS② | | 偏心(5) | 1.4924 | 57.6 |
| 7 | ∞ | | 偏心(6) | 1.4924 | 57.6 |
| 8 | ASS③ | | 偏心(7) | | |
| 9 | FFS③ | | 偏心(8) | 1.4924 | 57.6 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 10 | FFS④ | 偏心(9) | 1.4924 | 57.6 | |
| 11 | FFS⑤ | 偏心(10) | 1.4924 | 57.6 | |
| 12 | FFS⑥ | 偏心(11) | | | |
| 13 | ∞ | 偏心(12) | 1.4924 | 57.6 | |
| 14 | ∞ | 偏心(13) | 1.5163 | 64.1 | |
| 15 | ∞ | 偏心(14) | 1.5163 | 64.1 | |
| 16 | ∞ | 偏心(13) | 1.4924 | 57.6 | |
| 17 | FFS⑦ | 偏心(15) | 1.4924 | 57.6 | |
| 18 | ∞ | 偏心(16) | | | |
| 19 | ∞ | 偏心(17) | | | |
| 像面 | ∞ | 偏心(18) | | | |
| ASS① | | | | | |
| R | -55.44 | | | | |
| K | 2.1396×10^{-1} | | | | |
| A | 3.9915×10^{-6} | | | | |
| B | 2.2958×10^{-9} | | | | |
| C | -3.1207×10^{-12} | | | | |
| ASS② | | | | | |
| R | 18.43 | | | | |
| K | 7.4067×10^{-1} | | | | |
| A | 5.3964×10^{-5} | | | | |
| B | 1.0832×10^{-6} | | | | |
| C | -9.4725×10^{-9} | | | | |
| ASS③ | | | | | |
| R | 17.33 | | | | |
| K | -1.7782 | | | | |
| A | -5.5187×10^{-5} | | | | |
| B | -1.2987×10^{-7} | | | | |
| C | -7.8713×10^{-9} | | | | |
| FFS① | | | | | |
| C ₄ | -1.3856×10^{-2} | C ₆ | -1.3735×10^{-2} | C ₈ | -1.0414×10^{-6} |
| C ₁₀ | 3.2479×10^{-5} | C ₁₁ | -2.2932×10^{-6} | C ₁₃ | -5.0980×10^{-6} |
| C ₁₅ | -2.9220×10^{-6} | C ₁₇ | -1.3012×10^{-9} | C ₁₉ | -2.0877×10^{-8} |
| C ₂₁ | 1.0984×10^{-7} | | | | |
| FFS② | | | | | |
| C ₄ | 2.2988×10^{-2} | C ₆ | 8.7785×10^{-3} | C ₈ | 5.5743×10^{-4} |
| C ₁₀ | 4.1097×10^{-4} | C ₁₁ | 2.4130×10^{-4} | C ₁₃ | 7.6633×10^{-4} |
| C ₁₅ | -7.3274×10^{-7} | C ₁₇ | 3.4372×10^{-6} | C ₁₉ | -3.1331×10^{-5} |
| C ₂₁ | -4.0687×10^{-7} | | | | |
| FFS③ | | | | | |
| C ₄ | -5.4349×10^{-3} | C ₆ | -1.6790×10^{-2} | C ₈ | -1.9228×10^{-3} |
| C ₁₀ | -1.4828×10^{-3} | C ₁₁ | -8.2821×10^{-5} | C ₁₃ | -2.9887×10^{-4} |
| C ₁₅ | -1.6176×10^{-4} | C ₁₇ | -9.8905×10^{-6} | C ₁₉ | -1.7842×10^{-5} |
| C ₂₁ | -7.3258×10^{-6} | | | | |
| FFS④ | | | | | |
| C ₄ | 3.9701×10^{-3} | C ₆ | 2.9194×10^{-3} | C ₈ | -5.4333×10^{-5} |
| C ₁₀ | 1.9408×10^{-4} | C ₁₁ | -1.4270×10^{-6} | C ₁₃ | -1.1644×10^{-5} |
| C ₁₅ | -9.9238×10^{-6} | C ₁₇ | -6.3749×10^{-7} | C ₁₉ | -1.1090×10^{-6} |
| C ₂₁ | -8.1133×10^{-7} | | | | |
| FFS⑤ | | | | | |

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -1.2730×10^{-2} | C_6 | -1.0195×10^{-2} | C_8 | -1.0071×10^{-4} |
| C_{10} | 1.5580×10^{-4} | C_{11} | 2.7477×10^{-6} | C_{13} | 1.2945×10^{-5} |
| C_{15} | 1.0149×10^{-5} | C_{17} | -5.9775×10^{-7} | C_{19} | -5.9311×10^{-7} |
| C_{21} | 2.1818×10^{-7} | | | | |

F F S ⑤

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | 5.4121×10^{-3} | C_6 | 2.4681×10^{-2} | C_8 | -2.2435×10^{-3} |
| C_{10} | -5.2114×10^{-4} | C_{11} | 2.3590×10^{-5} | C_{13} | 1.3835×10^{-4} |
| C_{15} | 2.4701×10^{-4} | C_{17} | -6.3268×10^{-8} | C_{19} | 2.9510×10^{-5} |
| C_{21} | 2.5078×10^{-6} | | | | |

F F S ⑦

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -2.2874×10^{-2} | C_6 | -1.5515×10^{-2} | C_8 | 6.0651×10^{-4} |
| C_{10} | 2.6796×10^{-4} | C_{11} | -3.0974×10^{-5} | C_{13} | 2.3913×10^{-5} |
| C_{15} | -3.7454×10^{-5} | C_{17} | -5.8534×10^{-6} | C_{19} | -4.5885×10^{-6} |
| C_{21} | -3.4778×10^{-6} | | | | |

偏心(1)

| | | | | | |
|----------|------|---------|------|----------|------|
| X | 0.00 | Y | 0.00 | Z | 0.00 |
| α | 0.00 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(2)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 9.36 | Z | 30.67 |
| α | 12.82 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(3)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | -0.89 | Z | 39.29 |
| α | -23.24 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(4)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 14.24 | Z | 35.02 |
| α | 68.23 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(5)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 16.56 | Z | 35.83 |
| α | 83.43 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(6)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 24.62 | Z | 36.31 |
| α | 125.50 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(7)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 23.36 | Z | 44.53 |
| α | 176.05 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(8)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 22.40 | Z | 45.39 |
| α | 174.59 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(9)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 23.87 | Z | 58.07 |
| α | 153.85 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(10)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 32.07 | Z | 52.58 |
| α | 108.38 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(11)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 18.76 | Z | 51.08 |
| α | 89.86 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(12)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 17.76 | Z | 50.70 |
| α | 89.58 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|-----|-------|
| 偏心(13) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 7.76 | Z | 50.62 |
| α | 89.58 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(14) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 4.48 | Z | 50.60 |
| α | 89.58 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(15) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 13.86 | Z | 50.67 |
| α | 125.47 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(16) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 11.73 | Z | 56.98 |
| α | 169.38 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(17) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 11.04 | Z | 58.73 |
| α | 154.38 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(18) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 10.78 | Z | 62.02 |
| α | 169.38 | β | 0.00 | r | 0.00 |

【0089】

| (実施例2) | | | | | |
|--------|---------------------------|----------|--------|--------|------|
| 面番号 | 曲率半径 | 面間隔 | 偏心 | 屈折率 | アッペ数 |
| 物体面 | ∞ | -1000.00 | | | |
| 1 | ∞ (瞳) | | 偏心(1) | | |
| 2 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |
| 3 | FFS① | | 偏心(3) | 1.4924 | 57.6 |
| 4 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |
| 5 | FFS② | | 偏心(4) | | |
| 6 | -470.07 | | 偏心(5) | 1.4924 | 57.6 |
| 7 | ∞ | | 偏心(6) | 1.4924 | 57.6 |
| 8 | 18.57 | | 偏心(7) | | |
| 9 | FFS③ | | 偏心(8) | 1.4924 | 57.6 |
| 10 | FFS④ | | 偏心(9) | 1.4924 | 57.6 |
| 11 | FFS⑤ | | 偏心(10) | 1.4924 | 57.6 |
| 12 | FFS⑥ | | 偏心(11) | | |
| 13 | ∞ | | 偏心(12) | 1.4924 | 57.6 |
| 14 | ∞ | | 偏心(13) | 1.5163 | 64.1 |
| 15 | ∞ | | 偏心(14) | 1.5163 | 64.1 |
| 16 | ∞ | | 偏心(15) | 1.5163 | 64.1 |
| 17 | ∞ | | 偏心(14) | 1.5163 | 64.1 |
| 18 | ∞ | | 偏心(13) | 1.4924 | 57.6 |
| 19 | FFS⑦ | | 偏心(16) | 1.4924 | 57.6 |
| 20 | ∞ | | 偏心(17) | | |
| 21 | ∞ | | 偏心(18) | | |
| 像 面 | ∞ | | 偏心(19) | | |
| ASS① | | | | | |
| R | -51.67 | | | | |
| K | 2.4332 | | | | |
| A | -8.3613×10^{-7} | | | | |
| B | 2.3570×10^{-8} | | | | |
| C | -1.8757×10^{-11} | | | | |

FFS①

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -1.4290×10^{-2} | C_6 | -1.4176×10^{-2} | C_8 | 1.7920×10^{-5} |
| C_{10} | 4.7202×10^{-5} | C_{11} | -2.7695×10^{-6} | C_{13} | -6.0900×10^{-6} |
| C_{15} | -3.8163×10^{-6} | C_{17} | -2.1081×10^{-8} | C_{19} | 4.1648×10^{-8} |
| C_{21} | 1.2537×10^{-7} | | | | |

FFS②

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -7.3719×10^{-3} | C_6 | -3.5314×10^{-2} | C_8 | 8.0476×10^{-4} |
| C_{10} | -2.2967×10^{-3} | C_{11} | 2.7243×10^{-5} | C_{13} | 3.1563×10^{-4} |
| C_{15} | 2.6656×10^{-4} | C_{17} | -8.8980×10^{-7} | C_{19} | -5.4431×10^{-6} |
| C_{21} | 1.9723×10^{-6} | | | | |

FFS③

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -1.0090×10^{-2} | C_6 | -3.3258×10^{-2} | C_8 | -5.3117×10^{-4} |
| C_{10} | -6.2650×10^{-4} | C_{11} | -1.1787×10^{-5} | C_{13} | -1.0121×10^{-4} |
| C_{15} | -1.0925×10^{-4} | C_{17} | -7.2895×10^{-6} | C_{19} | -2.1049×10^{-5} |
| C_{21} | -1.9030×10^{-5} | | | | |

FFS④

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | 2.0590×10^{-3} | C_6 | -3.0456×10^{-3} | C_8 | 2.6221×10^{-4} |
| C_{10} | 2.9679×10^{-4} | C_{11} | -2.3378×10^{-6} | C_{13} | -3.1006×10^{-6} |
| C_{15} | 1.0119×10^{-5} | C_{17} | -6.1910×10^{-7} | C_{19} | -3.9797×10^{-6} |
| C_{21} | -2.9181×10^{-6} | | | | |

FFS⑤

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -1.4942×10^{-2} | C_6 | -1.4187×10^{-2} | C_8 | 6.1858×10^{-5} |
| C_{10} | 2.1856×10^{-4} | C_{11} | -8.7827×10^{-7} | C_{13} | -2.8865×10^{-6} |
| C_{15} | 4.0624×10^{-6} | C_{17} | -4.3121×10^{-7} | C_{19} | -1.2927×10^{-6} |
| C_{21} | -9.1384×10^{-7} | | | | |

FFS⑥

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -4.0255×10^{-3} | C_6 | 2.1274×10^{-2} | C_8 | -2.6302×10^{-3} |
| C_{10} | -3.3418×10^{-3} | C_{11} | 1.0966×10^{-5} | C_{13} | 1.5588×10^{-4} |
| C_{15} | 4.1184×10^{-4} | C_{17} | -1.7475×10^{-5} | C_{19} | -1.8305×10^{-5} |
| C_{21} | -2.1189×10^{-5} | | | | |

FFS⑦

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|-------------------------|
| C_4 | -2.7168×10^{-2} | C_6 | -1.7403×10^{-2} | C_8 | 3.3242×10^{-4} |
| C_{10} | 1.8083×10^{-4} | C_{11} | -4.2453×10^{-5} | C_{13} | 2.1203×10^{-5} |
| C_{15} | -3.4762×10^{-5} | C_{17} | -5.2645×10^{-6} | C_{19} | 6.0649×10^{-8} |
| C_{21} | -7.7514×10^{-7} | | | | |

偏心(1)

| | | | | | |
|----------|------|---------|------|----------|------|
| X | 0.00 | Y | 0.00 | Z | 0.00 |
| α | 0.00 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(2)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 8.95 | Z | 30.66 |
| α | 13.61 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(3)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 0.37 | Z | 39.39 |
| α | -20.44 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(4)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 14.51 | Z | 35.09 |
| α | 50.13 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

偏心(5)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| X | 0.00 | Y | 16.94 | Z | 36.49 |
| α | 80.10 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

| | | | | | |
|----------|---------|---------|-------|----------|-------|
| 偏心(6) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 22.80 | Z | 35.93 |
| α | 129.49 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(7) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 25.00 | Z | 41.92 |
| α | -165.94 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(8) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 21.30 | Z | 43.60 |
| α | 179.91 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(9) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 24.45 | Z | 57.19 |
| α | 151.80 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(10) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 30.18 | Z | 52.34 |
| α | 104.83 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(11) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 16.67 | Z | 52.53 |
| α | 88.31 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(12) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 14.89 | Z | 50.48 |
| α | 88.35 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(13) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 4.90 | Z | 50.19 |
| α | 88.35 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(14) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 3.20 | Z | 50.14 |
| α | 88.35 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(15) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 1.62 | Z | 50.10 |
| α | 88.35 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(16) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 11.39 | Z | 50.38 |
| α | 124.25 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(17) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 9.12 | Z | 56.68 |
| α | 173.24 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(18) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 8.94 | Z | 58.17 |
| α | 153.24 | β | 0.00 | γ | 0.00 |
| 偏心(19) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 8.76 | Z | 59.66 |
| α | 173.24 | β | 0.00 | γ | 0.00 |

【0090】

(実施例3)

| 面番号 | 曲率半径 | 面間隔 | 偏心 | 屈折率 | アッベ数 |
|-----|--------------|----------|-------|--------|------|
| 物体面 | ∞ | -1000.00 | | | |
| 1 | ∞ (瞳) | | 偏心(1) | | |
| 2 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |
| 3 | FFS① | | 偏心(3) | 1.4924 | 57.6 |
| 4 | ASS① | | 偏心(2) | 1.4924 | 57.6 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 5 | FFS② | 偏心(4) | | | |
| 6 | 38.63 | 偏心(5) | 1.4924 | 57.6 | |
| 7 | ∞ | 偏心(6) | 1.4924 | 57.6 | |
| 8 | 17.96 | 偏心(7) | | | |
| 9 | FFS③ | 偏心(8) | 1.4924 | 57.6 | |
| 10 | FFS④ | 偏心(9) | 1.4924 | 57.6 | |
| 11 | FFS⑤ | 偏心(10) | 1.4924 | 57.6 | |
| 12 | FFS⑥ | 偏心(11) | | | |
| 13 | ∞ | 偏心(12) | 1.5163 | 64.1 | |
| 14 | ∞ | 偏心(13) | 1.4924 | 57.6 | |
| 15 | ∞ | 偏心(14) | 1.5163 | 64.1 | |
| 16 | ∞ | 偏心(15) | 1.5163 | 64.1 | |
| 17 | ∞ | 偏心(16) | 1.4924 | 57.6 | |
| 18 | FFS⑦ | 偏心(17) | | | |
| 19 | ∞ | 偏心(18) | | | |
| 20 | ∞ | 偏心(19) | | | |
| 像面 | ∞ | 偏心(19) | | | |
| ASS① | | | | | |
| R | -49.38 | | | | |
| K | 7.3241×10^{-1} | | | | |
| A | -4.5432×10^{-6} | | | | |
| B | 2.1489×10^{-8} | | | | |
| C | -1.5676×10^{-11} | | | | |
| FFS① | | | | | |
| C ₄ | -1.4755×10^{-2} | C ₆ | -1.4222×10^{-2} | C ₈ | 2.1241×10^{-5} |
| C ₁₀ | 6.9832×10^{-5} | C ₁₁ | -3.4264×10^{-6} | C ₁₃ | -7.9043×10^{-6} |
| C ₁₅ | -5.2511×10^{-6} | C ₁₇ | -1.5242×10^{-8} | C ₁₉ | 6.2794×10^{-8} |
| C ₂₁ | 1.3664×10^{-7} | | | | |
| FFS② | | | | | |
| C ₄ | 7.0756×10^{-3} | C ₆ | -3.0049×10^{-2} | C ₈ | 2.4938×10^{-3} |
| C ₁₀ | 3.3990×10^{-4} | C ₁₁ | -1.6790×10^{-5} | C ₁₃ | 3.6129×10^{-4} |
| C ₁₅ | 2.7244×10^{-4} | C ₁₇ | -5.5578×10^{-6} | C ₁₉ | -1.4474×10^{-5} |
| C ₂₁ | -1.8818×10^{-5} | | | | |
| FFS③ | | | | | |
| C ₄ | -4.0931×10^{-3} | C ₆ | -3.3939×10^{-2} | C ₈ | -8.9423×10^{-4} |
| C ₁₀ | -8.0161×10^{-4} | C ₁₁ | 1.0380×10^{-5} | C ₁₃ | -1.0052×10^{-4} |
| C ₁₅ | -1.4063×10^{-4} | C ₁₇ | -6.0799×10^{-6} | C ₁₉ | -1.8472×10^{-5} |
| C ₂₁ | -1.7630×10^{-5} | | | | |
| FFS④ | | | | | |
| C ₄ | 2.6279×10^{-3} | C ₆ | -5.1566×10^{-3} | C ₈ | 1.9361×10^{-4} |
| C ₁₀ | 4.0746×10^{-4} | C ₁₁ | -1.7992×10^{-7} | C ₁₃ | -5.6199×10^{-6} |
| C ₁₅ | -1.5344×10^{-7} | C ₁₇ | -3.1243×10^{-7} | C ₁₉ | -4.9444×10^{-6} |
| C ₂₁ | -4.0163×10^{-6} | | | | |
| FFS⑤ | | | | | |
| C ₄ | -1.4303×10^{-2} | C ₆ | -1.5096×10^{-2} | C ₈ | 4.7954×10^{-5} |
| C ₁₀ | 2.6118×10^{-4} | C ₁₁ | 2.5974×10^{-7} | C ₁₃ | 5.1685×10^{-6} |
| C ₁₅ | 7.2799×10^{-6} | C ₁₇ | -1.1364×10^{-7} | C ₁₉ | -7.3233×10^{-7} |
| C ₂₁ | -8.9366×10^{-8} | | | | |
| FFS⑥ | | | | | |
| C ₄ | -3.8916×10^{-3} | C ₆ | 3.3438×10^{-2} | C ₈ | -9.4525×10^{-4} |

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_{10} | -2.3903×10^{-3} | C_{11} | 5.1305×10^{-5} | C_{13} | 1.7649×10^{-4} |
| C_{15} | 1.6419×10^{-4} | C_{17} | -4.4288×10^{-6} | C_{19} | -4.9533×10^{-6} |
| C_{21} | 6.4161×10^{-6} | | | | |

F F S \odot

| | | | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| C_4 | -2.6649×10^{-2} | C_6 | -1.7207×10^{-2} | C_8 | 6.5022×10^{-4} |
| C_{10} | 4.0120×10^{-4} | C_{11} | -4.3523×10^{-5} | C_{13} | 2.4539×10^{-5} |
| C_{15} | -3.5081×10^{-5} | C_{17} | -6.6101×10^{-6} | C_{19} | -1.3642×10^{-6} |
| C_{21} | -1.9252×10^{-6} | | | | |

偏心(1)

| | | | | | |
|----------|------|---------|------|-----|------|
| X | 0.00 | Y | 0.00 | Z | 0.00 |
| α | 0.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(2)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 9.33 | Z | 30.86 |
| α | 12.62 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(3)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 0.63 | Z | 39.36 |
| α | -20.96 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(4)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 14.81 | Z | 35.78 |
| α | 52.39 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(5)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 17.97 | Z | 33.43 |
| α | 74.78 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(6)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 23.85 | Z | 37.23 |
| α | 124.04 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(7)

| | | | | | |
|----------|---------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 24.60 | Z | 44.19 |
| α | -177.49 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(8)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 21.12 | Z | 45.44 |
| α | 170.38 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(9)

| | | | | | |
|---|------|---|-------|---|-------|
| X | 0.00 | Y | 21.31 | Z | 58.89 |
|---|------|---|-------|---|-------|

偏心(10)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 28.58 | Z | 55.37 |
| α | 97.73 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(11)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 15.06 | Z | 53.03 |
| α | 79.22 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(12)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 14.26 | Z | 51.91 |
| α | 82.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(13)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 12.58 | Z | 51.68 |
| α | 82.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(14)

| | | | | | |
|----------|-------|---------|------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 2.67 | Z | 50.29 |
| α | 82.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |

偏心(15)

| | | | | | |
|----------|--------|---------|------|-----|-------|
| X | 0.00 | Y | 1.11 | Z | 50.07 |
| α | 82.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(16) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 9.11 | Z | 51.19 |
| α | 117.90 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(17) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 6.15 | Z | 57.20 |
| α | 164.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(18) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 5.65 | Z | 58.93 |
| α | 149.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |
| 偏心(19) | | | | | |
| X | 0.00 | Y | 5.32 | Z | 60.08 |
| α | 164.00 | β | 0.00 | r | 0.00 |

【0091】上記実施例1～3の横収差をそれぞれ図4～図6に示す。これらの横収差図において、括弧内に示された数字は（水平画角，垂直画角）を表し、その画角における横収差を示す。

【0092】ところで、以上の実施例の本発明の画像表示装置の接眼光学系を構成する単体の偏心プリズム10～30としては、上記の実施例の内部反射回数1～2回のものに限定されず種々の偏心プリズムを用いることができる。図8～図11にその例を示す。なお、逆光線追跡で説明する。

【0093】図8の場合は、プリズムPは第1面112、第2面113、第3面114、第4面115からなり、瞳111を通して入射した光は、第1面112で屈折してプリズムPに入射し、第2面113で内部反射し、第3面114で内部反射し、第4面115に入射して屈折されて、像面116に結像する。

【0094】図9の場合は、プリズムPは第1面112、第2面113、第3面114、第4面115からなり、瞳111を通して入射した光は、第1面112で屈折してプリズムPに入射し、第2面113で内部反射し、再び第1面112に入射して今度は全反射し、第3面114で内部反射し、第4面115に入射して屈折されて、像面116に結像する。

【0095】図10の場合は、プリズムPは第1面112、第2面113、第3面114からなり、瞳111を通して入射した光は、第1面112で屈折してプリズムPに入射し、第2面113で内部反射し、第3面114で内部反射し、再び第1面112に入射して今度は全反射し、再び第2面113に入射して今度は屈折されて、像面116に結像する。

【0096】図11の場合は、プリズムPは第1面112、第2面113、第3面114、第4面115からなり、瞳111を通して入射した光は、第1面112で屈折してプリズムPに入射し、第2面113で内部反射し、第3面114に入射して内部反射し、第2面113に再度入射して内部反射し、第4面115に入射して屈

折されて、像面116に結像する。

【0097】以上のような本発明による画像表示装置は、例えば頭部装着型画像表示装置として用いることができる。その例を以下に示す。

【0098】まず、図12に頭部装着型で両眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を、図13にその断面図を示す。この構成は、本発明による光学系を図13に示すように表示用光学系100として用いており（実施例1の光学系を用いている。）、この表示用光学系100と反射型画像表示素子101からなる組みを左右一対用意し、それらを眼幅距離だけ離して支持することにより、両眼で観察できる据え付け型又は頭部装着型画像表示装置のようなポータブル型の画像表示装置102として構成されている。

【0099】すなわち、表示装置本体102には、前記のような表示用光学系100が観察光学系として用いられ、その表示用光学系100が左右一対備えられ、それらに対応して像面に反射型液晶表示素子からなる反射型画像表示素子101が配置されている。そして、表示装置本体102には、図12に示すように、左右に連続して図示のような側頭フレーム103が設けられ、表示装置本体102を観察者の眼前に保持できるようになっている。なお、各画像表示装置102の接眼光学系100のプリズム10の第1面11（図2）を保護するために、図13に示すように、接眼光学系100の射出瞳と第1面11の間にカバー部材91が配置されている。このカバー部材91としては、平行平板、正レンズあるいは負レンズの何れを用いてもよい。

【0100】また、側頭フレーム103にはスピーカ104が付設されており、画像観察と共に立体音響を聞くことができるようになっている。このようにスピーカ104を有する表示装置本体102には、映像音声伝達コード105を介してポータブルビデオカセット等の再生装置106が接続されているので、観察者はこの再生装置106を図示のようにベルト箇所等の任意の位置に保持して、映像音響を楽しむことができるようになっている。

る。図12の符号107は再生装置106のスイッチ、ボリューム等の調節部である。なお、表示装置本体102の内部に映像処理、音声処理回路等の電子部品を内蔵させてある。

【0101】なお、コード105は先端をジャックにして、既存のビデオデッキ等に取り付け可能としてもよい。さらに、TV電波受信用チューナーに接続してTV鑑賞用としてもよいし、コンピュータに接続してコンピュータグラフィックスの映像や、コンピュータからのメッセージ映像等を受信するようにしてもよい。また、邪魔なコードを排斥するために、アンテナを接続して外部からの信号を電波によって受信するようにしてもよい。

【0102】さらに、本発明による表示用光学系は、接眼光学系を左右何れか一方の眼前に配置した片眼用の頭部装着型画像表示装置に用いてもよい。図14にその片眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着（この場合は、左眼に装着）した状態を示す。この構成では、表示用光学系100と反射型画像表示素子101からなる組み1つからなる表示装置本体102が前フレーム108の対応する眼の前方位置に取り付けられ、その前フレーム108には左右に連続して図示のような側頭フレーム103が設けられており、表示装置本体102を観察者の片眼前に保持できるようになっている。その他の構成は図12の場合と同様であり、説明は省く。

【0103】以上の本発明の画像表示装置は例えば次のように構成することができる。

【0104】〔1〕 画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された画像を観察者の眼球に投影すると共に射出瞳を形成する全体として正のパワーを有する接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記射出瞳から前

$$100^{\circ} < \theta < 200^{\circ}$$

を満たすことを特徴とする上記1又は2記載の画像表示装置。

【0107】〔4〕 前記第1光学素子の少なくとも1つの反射面が正のパワーを与える回転非対称な曲面形状にて形成されていることを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の画像表示装置。

【0108】〔5〕 前記第3光学素子の少なくとも1つの反射面が正のパワーを与える回転非対称な曲面形状にて形成されていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の画像表示装置。

【0109】〔6〕 前記第1光学素子の少なくとも1つの屈折面がパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形

$$0.5 < M < 2.0$$

を満たすことを特徴とする上記1から8の何れか1項記載の画像表示装置。

【0113】〔10〕 前記第3光学素子は最も画像表

$$0.8 < WD/D < 1.5$$

を満たすことを特徴とする上記1から9の何れか1項記載の画像表示装置。

記画像表示素子に向かう逆光線追跡の順に、前記接眼光学系は、少なくとも1面の反射面を備え、観察者の視軸に対して側方へ光路を屈曲させる第1光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第1光学素子により側方へ屈曲された光路を観察者から離れる方向へ屈曲させる第2光学素子と、少なくとも1面の反射面を備え、前記第2光学素子により観察者から離れる方向へ屈曲された光路を前記第1光学素子により屈曲された方向と略反対方向へ屈曲させる第3光学素子とを具備し、前記第2光学素子と前記第3光学素子は前記画像表示素子に表示された画像のリレー光学系を構成しており、少なくとも前記第1光学素子と前記第3光学素子は正のパワーを有することを特徴とする画像表示装置。

【0105】〔2〕 光軸を前記射出瞳の中心を通り前記画像表示素子の中心を通る光線で定義するとき、前記画像表示素子に表示された画像の光軸上の中間像位置が、前記第1光学素子の光路上前記第2光学素子に最も近い反射面と、前記第2光学素子の光路上前記第1光学素子に最も近い反射面との間に位置することを特徴とする上記1記載の画像表示装置。

【0106】〔3〕 光軸を前記射出瞳の中心を通り前記画像表示素子の中心を通る光線で定義するとき、前記第1光学素子の光路上前記第2光学素子に最も近い反射面と光軸との交点と、前記第2光学素子の光路上前記第1光学素子に最も近い反射面と光軸との交点とを結んだ直線と、前記第3光学素子の光路上前記画像表示素子に最も近い反射面と光軸との交点と、前記画像表示素子と光軸との交点とを結んだ直線とのなす角度を θ とすると

$$\dots (1)$$

成されていることを特徴とする上記1から5の何れか1項記載の画像表示装置。

【0110】〔7〕 前記第3光学素子の少なくとも1つの屈折面がパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形成されていることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の画像表示装置。

【0111】〔8〕 前記第2光学素子の少なくとも1つの屈折面がパワーを持った回転非対称な曲面形状にて形成されていることを特徴とする上記1から7の何れか1項記載の画像表示装置。

【0112】〔9〕 前記リレー光学系の倍率をMとすると

$$\dots (2)$$

素子側に屈折面を有し、その屈折面と前記画像表示素子の画像表示面との間の間隔をWDとし、前記画像表示素子の画像表示面の対角長をDとすると

$$\dots (3)$$

【0114】〔11〕 前記第1光学素子が屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成されたブ

リズム部材からなり、前記第2光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、前記光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、前記光束をプリズム外に射出する射出面とを有することを特徴とする上記1から10の何れか1項記載の画像表示装置。

【0115】〔12〕 前記第2光学素子が屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成されたプリズム部材からなり、前記第3光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、前記光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、前記光束をプリズム外に射出する射出面とを有することを特徴とする上記1から11の何れか1項記載の画像表示装置。

【0116】〔13〕 前記第2光学素子が屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成されたプリズム部材からなり、前記画像表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、前記光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、前記光束をプリズム外に射出する射出面とを有することを特徴とする上記1から12の何れか1項記載の画像表示装置。

【0117】〔14〕 前記第1光学素子のプリズム部材が、前記第2光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、射出面で反射された光束をプリズム内で反射する反射面と、前記入射面からプリズム内に入射された光束を反射すると共に前記反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなることを特徴とする上記11記載の画像表示装置。

【0118】〔15〕 前記第3光学素子のプリズム部材が、前記画像表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、前記入射面からプリズム内に入射された光束を反射する第1反射面と、前記第1反射面で反射された光束を反射する第2反射面と、前記第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなり、前記第1反射面に入射する軸上主光線と前記第2反射面から反射された軸上主光線とが前記プリズム部材内で交差することを特徴とする上記12記載の画像表示装置。

【0119】〔16〕 前記第2光学素子のプリズム部材が、前記第3光学素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、前記入射面からプリズム内に入射された光束を反射する反射面と、前記反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とからなることを特徴とする上記13記載の画像表示装置。

【0120】〔17〕 前記第2光学素子と前記第3光学素子が一体のプリズム部材からなり、前記第3光学素子の射出面と前記第2光学素子の入射面が省かれていることを特徴とする上記11から16の何れか1項記載の画像表示装置。

【0121】〔18〕 前記第1光学素子と前記第2光学素子が一体のプリズム部材からなり、前記第2光学素子の射出面と前記第1光学素子の入射面が省かれていることを特徴とする上記11から16の何れか1項記載の画像表示装置。

【0122】〔19〕 前記第1光学素子と前記第2光学素子と前記第3光学素子が一体のプリズム部材からなり、前記第3光学素子の射出面と前記第2光学素子の入射面が省かれており、前記第2光学素子の射出面と前記第1光学素子の入射面が省かれていることを特徴とする上記11から16の何れか1項記載の画像表示装置。

【0123】 【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、小型で広画角で高性能かつ長い作動距離が確保可能な接眼光学系を備えた画像表示装置を提供することができ、特に、反射型液晶表示素子等の反射光によって画像を表示するタイプの表示素子の明るい画像を、小型で広画角で光量ロスを極力抑えた接眼光学系を通して観察し得る頭部装着型ディスプレイ等の画像表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の画像表示装置の光学系の断面図である。
【図2】本発明の実施例2の画像表示装置の光学系の断面図である。
【図3】本発明の実施例3の画像表示装置の光学系の断面図である。
【図4】実施例1の横収差を示す図である。
【図5】実施例2の横収差を示す図である。
【図6】実施例3の横収差を示す図である。
【図7】光学面と軸上主光線の交点、方向、パラメータ θ の定義等を説明するための図である。
【図8】本発明の画像表示装置の接眼光学系のプリズムに適用可能な偏心プリズムの1例を示す図である。
【図9】本発明の画像表示装置の接眼光学系のプリズムに適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
【図10】本発明の画像表示装置の接眼光学系のプリズムに適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
【図11】本発明の画像表示装置の接眼光学系のプリズムに適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
【図12】本発明による頭部装着型で両眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す図である。
【図13】図12の断面図である。
【図14】本発明による頭部装着型で片眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す図である。

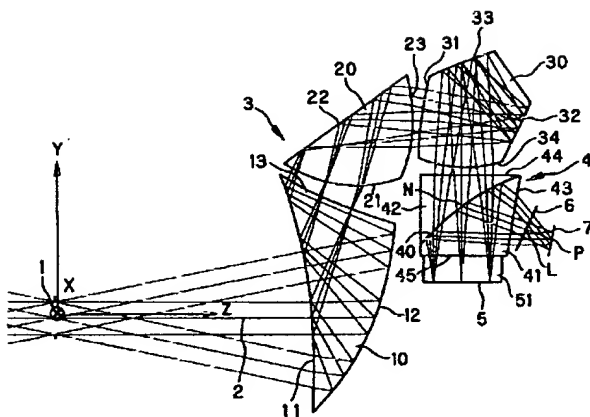
【符号の説明】

- 1…射出瞳
- 2…軸上主光線（光軸）
- 3…接眼光学系
- 4…光分割素子
- 5…表示面
- 6…光源面

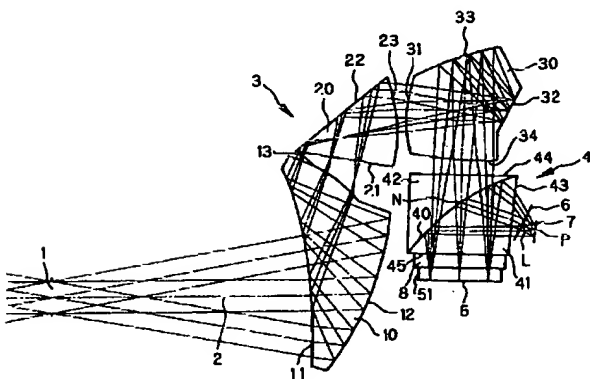
7…射出瞳に共役な面（入射瞳）
 8…ウォブリング素子
 10、20、30…偏心プリズム
 11、21、31…第1面
 12、22、32…第2面
 13、23、33…第3面
 34…第4面
 40…光分割面（半透過反射面）
 41、42…透明媒体
 43…照明光入射面
 44…射出面
 45…画像表示素子対向面
 51…カバーガラス
 91…カバー部材
 100…表示用光学系

101…反射型画像表示素子
 102…画像表示装置（表示装置本体）
 103…側頭フレーム
 104…スピーカ
 105…映像音声伝達コード
 106…再生装置
 107…調節部
 108…前フレーム
 111…瞳
 112…第1面
 113…第2面
 114…第3面
 115…第4面
 116…像面
 P…偏心プリズム

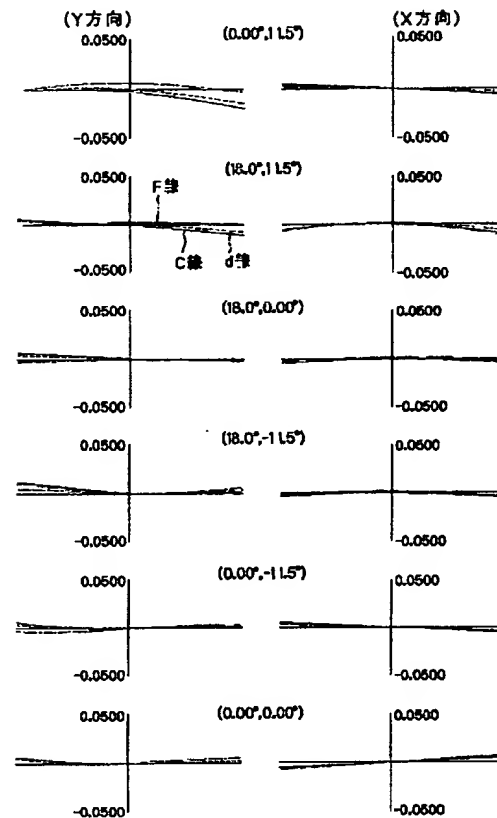
【図1】



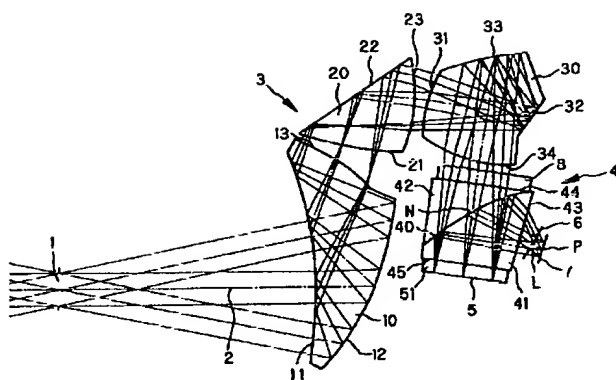
【図2】



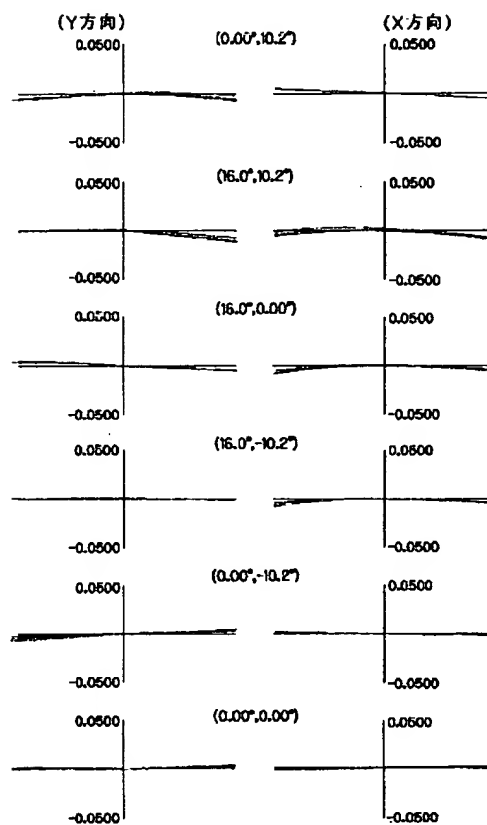
【図4】



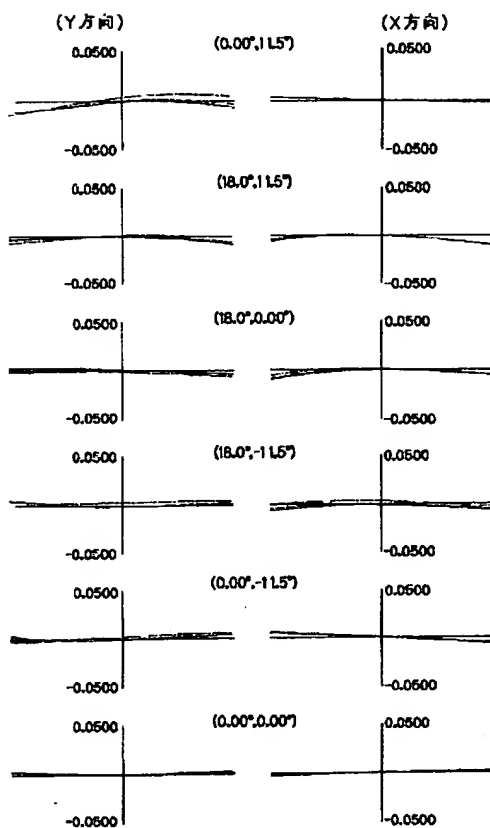
【图3】



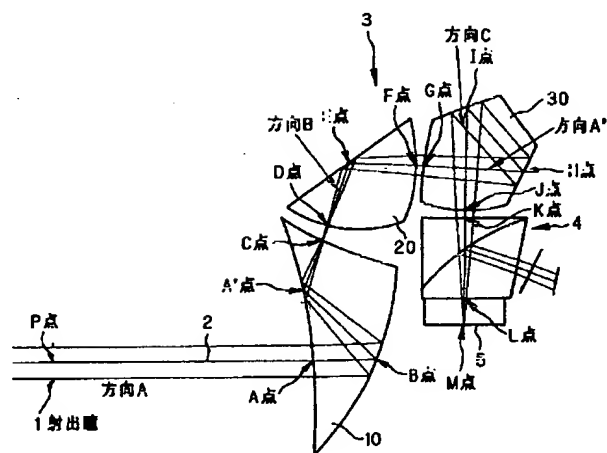
【图5】



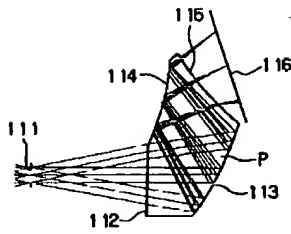
【图6】



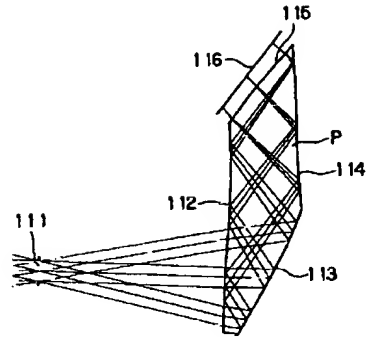
【图7】



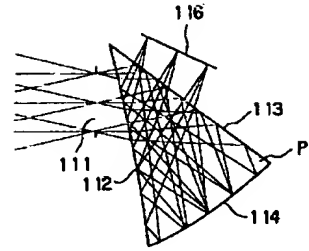
【図8】



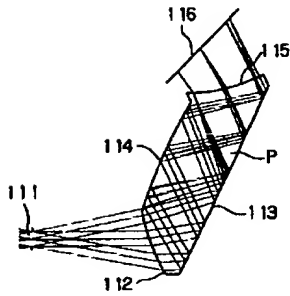
【図9】



【図10】



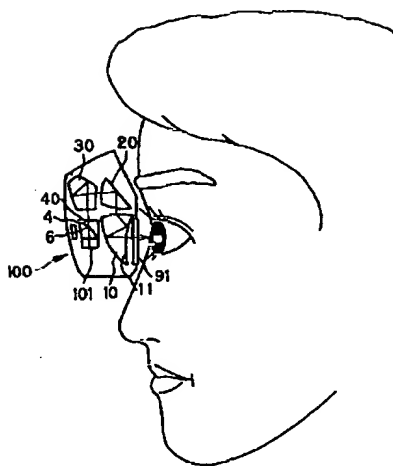
【図11】



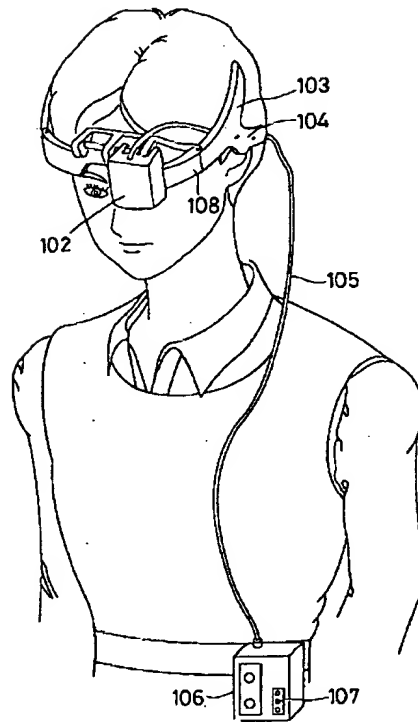
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

| (51)Int. Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | (参考) |
|---------------------------|-------|----------------|---------|
| G 0 2 F 1/1335 | | G 0 2 F 1/1335 | |
| H 0 4 N 5/64 | 5 1 1 | H 0 4 N 5/64 | 5 1 1 A |

Fターム(参考) 2H087 KA07 KA24 LA12 RA06 RA45
TA01 TA02 TA05 TA06
2H088 EA10 HA21 HA23 HA28 MA07
2H091 FA14Z FA21X FA41X LA19
MA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.